



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 263 362 A1

4(51) G 02 B 5/18

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 02 B / 305 466 6

(22) 29.07.87

(44) 28.12.88

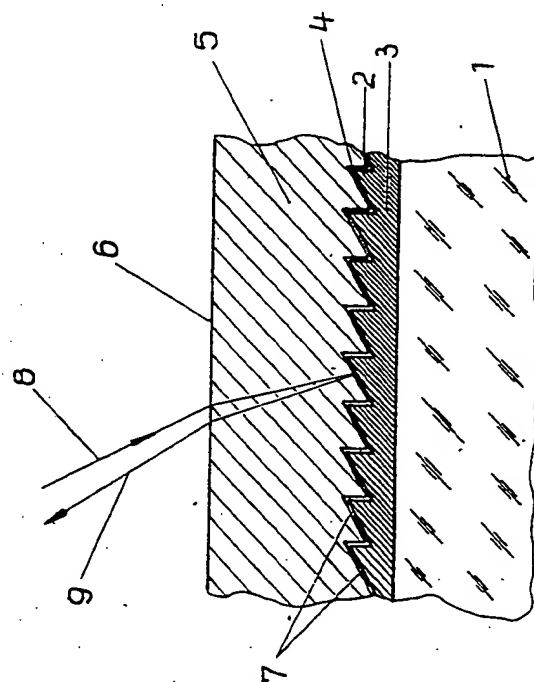
(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

(72) Steiner, Reinhard, Dipl.-Phys.; Rudolf, Klaus, Dipl.-Phys.; Rüdiger, Gundula; Kröplin, Peter, Dipl.-Phys., DD

(54) Geblatztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter

(55) Reflexionsbeugungsgitter, holografisch, Sägezahnprofil, Zweistrahlinterferogramm, abbildend, Blazewellenlänge, Beugungseffizienz, Streulichtarmut, Spektralbereich, Spektralgeräte

(57) Die Erfindung betrifft ein geblatztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter. Erfindungsgemäß ist bei einem solchen Reflexionsbeugungsgitter auf der sich dem sägezahnartigen Furchenprofil der Fotolack- oder Epoxidharzschicht anpassenden Reflexionsschicht zusätzlich eine optisch homogene Schicht eines hochbrechenden transparenten Mediums, vorzugsweise eines optischen Kunststoffes oder eines optischen Kittes, in einer gegenüber der Tiefe des Furchenprofils großen Schichtdicke angeordnet. Diese Schicht bewirkt je nach Brechzahl des transparenten Mediums eine Verschiebung der effektiven Blazewellenlänge  $\lambda_B$  in den Spektralbereich von  $270 \text{ nm} \leq \lambda_B \leq 470 \text{ nm}$ , ohne Änderung des Furchenprofils und ohne Beeinträchtigung der spektroskopischen Eigenschaften des zugrundeliegenden Reflexionsbeugungsgitters. Die erfindungsgemäßen Reflexionsbeugungsgitter sind bei Gitteranwendungen in dem genannten Spektralbereich, z. B. in Spektralgeräten, einsetzbar. Figur



## Patentansprüche:

1. Geblaztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter, bei dem auf einem ebenen oder abbildenden Träger eine ein sägezahnartiges Furchenprofil aufweisende Epoxidharz- oder Fotolackschicht und eine dünne, sich diesem Furchenprofil anpassende Reflexionsschicht angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Reflexionsschicht (4) zur Realisierung eines Beugungsmaximums der Blazewellenlänge  $\lambda_B$  in einem Spektralbereich von  $270\text{ nm} \leq \lambda_B \leq 470\text{ nm}$  zusätzlich eine das Furchenprofil (2) ausfüllende optisch homogene Schicht (5) eines im nahen UV bis nahen IR transparenten Mediums mit einer Brechzahl von mindestens 1,4, z. B. eines optischen Kunststoffes oder eines optischen Kittes, vorgesehen ist, deren Schichtdicke groß gegenüber der Tiefe des Furchenprofils (2) ist.
2. Geblaztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optisch homogene Schicht (5) mit einer der Form des Trägers (1) entsprechenden Oberfläche (6) abschließt.
3. Geblaztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optisch homogene Schicht (5) aus Polymethylmethacrylat als hochbrechendem transparentem Medium besteht.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf geblazte holografische Reflexionsbeugungsgitter. Sie findet überall dort Anwendung, wo von einem Reflexionsbeugungsgitter ein spektrales Beugungsvermögen mit Beugungsmaximum im Spektralbereich von 270 nm bis 470 nm verlangt wird, z. B. in einem Spektralgerät.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Neben den mechanisch geteilten Reflexionsbeugungsgittern sind seit Jahren auch interferometrisch hergestellte Reflexionsbeugungsgitter mit symmetrischem als auch asymmetrischem, bevorzugt sägezahnartigem Furchenprofil bekannt. Letztere, auch als geblazte holografische Reflexionsbeugungsgitter bezeichnet, gewinnen gegenüber den mechanisch geteilten Gittern aufgrund ihrer großserienmäßigen Herstellbarkeit auch für hohe Linienzahlen und auf abbildenden Trägern sowie ihrer besseren spektroskopischen Eigenschaften, wie Streulichtarmut, Fehlen von gerichtetem Streulicht (Geister) und einer hohen Beugungseffizienz, zunehmend an Bedeutung.

Das Furchenprofil derartiger holografischer Reflexionsbeugungsgitter ist entweder im Falle von Gitteroriginalen in eine Fotolackschicht oder im Falle von Gitterkopien in eine Epoxidharzschicht einmoduliert, welche sich jeweils auf einem ebenen oder abbildenden, z. B. konkaven Träger befindet. Eine Aufdampfschicht eines Metalls wie Ag, Au, Al oder eine aufgedampfte Schichtenfolge dielektrischer Wechschichten verleiht dem Gitter unter Erhaltung des Furchenprofils das erforderliche Reflexionsvermögen.

Bei gemäß dem von Sheridon vorgeschlagenen Stehwellenverfahren (US-PS 3.580.657; Sheridon, Appl. Phys. Letters 12 [1968], 316-18) hergestellten geblazten holografischen Reflexionsbeugungsgittern ist die Blazewellenlänge  $\lambda_B$  aufgrund des blauempfindlichen Fotolacks und der Brechzahl dieses Mediums unabhängig von der Linienzahl auf einen Spektralbereich zwischen  $170\text{ nm} \leq \lambda_B \leq 270\text{ nm}$  begrenzt. Dadurch ergeben sich Einschränkungen bezüglich ihrer Anwendung im sichtbaren Spektralbereich.

Auf Basis der Fouriersynthese eines sägezahnartigen Furchenprofils aus symmetrischen Intensitätsverteilungen abgestimmter Frequenzen, Phasenlagen und Intensitätswerten läßt sich theoretisch die Blazewellenlänge über einen großen Bereich variieren (St. Johanson u. a., Applications of Holography and Optical Data Processing, Proc. of Int. Conference, Jerusalem, August 1976, S. 23-26; Zhu Shao li, Proc. SPIE 399 [1983], 329-332; DE-AS 1.285763; DE-OS 2433809). Abgesehen von der für die Herstellung erforderlichen aufwendigen Steuer- und Meßtechnik sind jedoch nur bestimmte Gittergrößen und keine hohen Linienzahlen erzeugbar. Außerdem liegen die erzielten Maximalwerte in der Beugungseffizienzkurve der so hergestellten geblazten holografischen Reflexionsbeugungsgitter unter den mit dem Stehwellenverfahren erreichten Werten.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von geblazten Reflexionsbeugungsgittern unter Verwendung eines holografischen Originalgitters bietet das Ionenstrahlätzverfahren (I. M. Lerner u. a., Proc. SPIE 353 [1982], S. 68-71). Die so erzeugten Reflexionsbeugungsgitter mit sägezahnartigem Furchenprofil weisen jedoch wesentlich höhere Streulichtanteile als die nach dem Stehwellenverfahren hergestellten auf und erreichen auch nicht deren Beugungseffizienzmaxima. Bei der Erzeugung von sägezahnartigen Furchenprofilen auf abbildenden Trägern treten zudem nachteilige Änderungen des Blazewinkels über der Fläche auf. Von Nachteil insgesamt ist auch der notwendige hohe apparative Aufwand.

Zum Zwecke der Verschiebung des Beugungsmaximums zu höheren Wellenlängen, bezogen auf den Sheridon-Blaze, ist es auch bekannt, beim Stehwellenverfahren den Durchstrahlungswinkel mindestens einer Welle des Zweistrahlinterferogramms wesentlich zu erhöhen, damit die Knotenebenen steiler zur Fotolackoberfläche stehen, d. h. der Blazewinkel vergrößert wird (Dissertation H. A. Obermayer, Universität Stuttgart, 1976). Um die dadurch bewirkte Totalreflexion beim Austritt des Lichtes ins optisch dünnere Medium zu verhindern, macht es sich erforderlich, Ein- bzw. Auskoppelelemente, z. B. Prismen, mit Immersion auf die Fotolackschicht aufzubringen (z. B. L. Mashev u. a., Appl.

Phys. B 28 [1982] 343). Die Immersionsschicht muß eine Reihe von Eigenschaften in sich vereinen, die das ganze Verfahren äußerst problematisch machen. Außerdem bringen die neu entstandenen Grenzflächen zusätzlich Störlichtanteile, die mit dem Nutzlicht interferieren und letztlich eine Qualitätsbeeinträchtigung der Reflexionsgitter zur Folge haben. Eine weitere Methode zur Verschiebung der Blazewellenlänge geblazter holografischer Reflexionsbeugungsgitter besteht im Nachbelichten von im Fotolack erzeugten Gitterstrukturen, indem entweder das Oberflächenrelief inkohärent nachbelichtet und anschließend zum zweiten Mal entwickelt wird (DD-WP 160 245) oder das latente Bild einer ersten Belichtung nachbelichtet wird (DD-WP 160 246). Jedoch zieht die dadurch erzielte Veränderung des Furchenprofils und Verschiebung der Blazewellenlänge eine Erhöhung des Streulichtes sowie eine Verringerung der Beugungseffizienz der aus diese Weise erzeugten Reflexionsbeugungsgitter nach sich.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, mit möglichst geringem technischen Aufwand geblazte holografische Reflexionsbeugungsgitter mit einer Blazewellenlänge  $\lambda_B$  in einem Spektralbereich von  $270 \text{ nm} \leq \lambda_B \leq 470 \text{ nm}$  in hoher Qualität bereitzustellen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Oberfläche von geblazten holografischen Reflexionsbeugungsgittern mit einer Blazewellenlänge  $\lambda_B < 270 \text{ nm}$  ohne Veränderung des Furchenprofils und unter Beibehaltung der nach dem Strehlwellenverfahren erzielbaren vorteilhaften spektroskopischen Eigenschaften, wie Streulichtarmut, Geisterfreiheit und hohe Beugungseffizienz, so zu modifizieren, daß daraus eine effektive Blazewellenlänge  $\lambda_B$  in dem gewünschten Spektralbereich von  $270 \text{ nm} \leq \lambda_B \leq 470 \text{ nm}$  bei gleichzeitig vernachlässigbarer Lichtabsorption in einem vom nahen UV bis nahen IR reichenden Anwendungsbereich resultiert.

Diese Aufgabe wird durch ein geblaztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter, bei dem auf einem ebenen oder abbildenden Träger eine ein sägezahnartiges Furchenprofil aufweisende Epoxidharz- oder Fotolackschicht und eine dünne, sich diesem Furchenprofil anpassende Reflexionsschicht angeordnet sind, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß auf der Reflexionsschicht zur Realisierung eines Beugungsmaximums der Blazewellenlänge  $\lambda_B$  in einem Spektralbereich von  $270 \text{ nm} \leq \lambda_B \leq 470 \text{ nm}$  zusätzlich eine das Furchenprofil ausfüllende optisch homogene Schicht eines im nahen UV bis nahen IR transparenten Mediums mit einer Brechzahl von mindestens 1,4, z. B. eines optischen Kunststoffes oder eines optischen Kittes, vorgesehen ist, deren Schichtdicke groß gegenüber der Tiefe des Furchenprofils ist.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die optisch homogene, transparente Schicht mit einer der Form des Trägers entsprechenden Oberfläche abschließt.

Die optisch homogene Schicht kann vorteilhaft aus Polymethylmethacrylat als hochbrechendem Medium bestehen.

Durch die zusätzlich angeordnete hochbrechende transparente Schicht gelingt es erfindungsgemäß, die Blazewellenlänge gegenüber dem zugrundeliegenden, nicht mit einer solchen Schicht versehenen holografischen Reflexionsbeugungsgitter mit sägezahnartigem Furchenprofil in den Spektralbereich von  $270 \text{ nm} \leq \lambda_B \leq 470 \text{ nm}$  zu verschieben, ohne dabei das Furchenprofil ändern zu müssen. Die quantitative Größe der Blazewellenverschiebung hängt in entscheidendem Maße von der Brechzahl des transparenten Mediums ab. Das Aufbringen der Schicht kann über bekannte Beschichtungs- und/oder Kopierverfahren erfolgen. Um den Einfluß von Vielfachinterferenzen innerhalb der optisch homogenen transparenten Schicht auf den spektralen Beugungseffizienzverlauf des erfindungsgemäßen Reflexionsbeugungsgitters zu minimieren, wird die Schichtdicke groß gegenüber der Profiltiefe der Gitterstruktur gewählt.

Insbesondere bei Schichtdicken, die nur wenige Vielfache der Profiltiefe betragen, läßt sich durch Variation der Schichtdicke das spektrale Beugungsvermögen optimal für kleinere Spektralbereiche einstellen.

Ferner bietet die Schicht einen guten Schutz für das Reflexionsbeugungsgitter. Eine Reinigung der Oberfläche bei Verschmutzung ist unproblematisch.

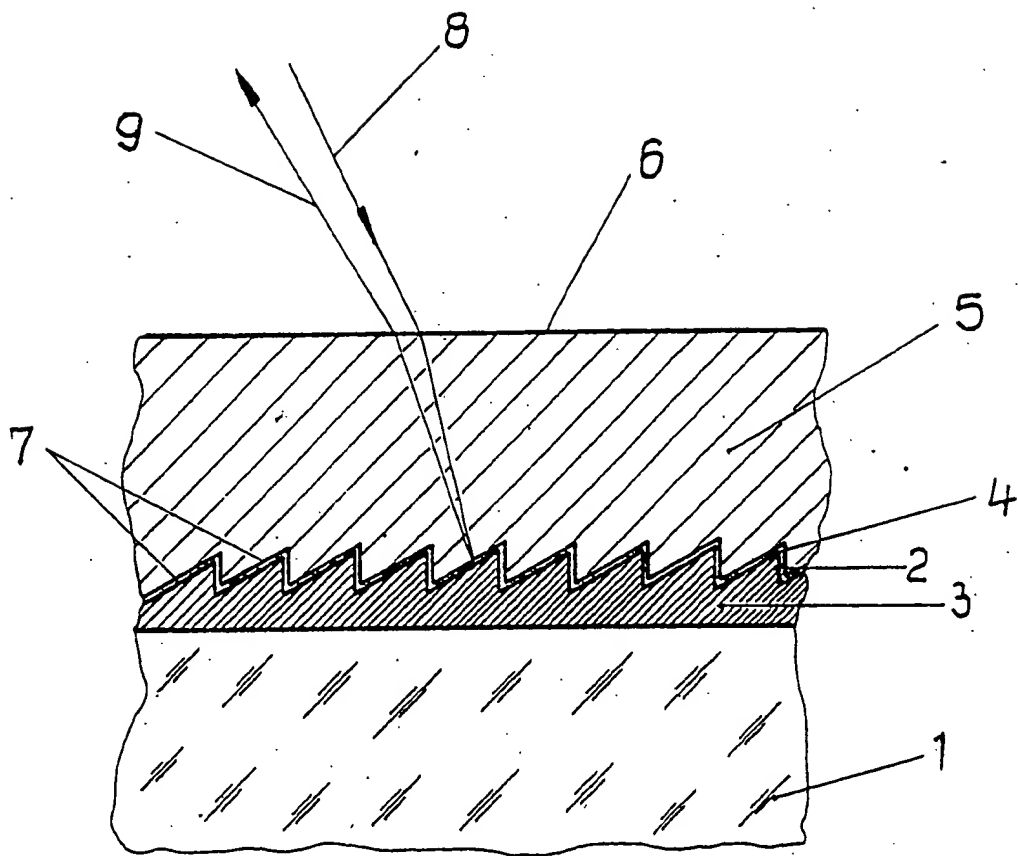
### Ausführungsbeispiel

Nachstehend soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Die Zeichnung zeigt schematisch einen Querschnitt durch ein geblaztes holografisches Reflexionsbeugungsgitter gemäß der Erfindung.

Auf einem Träger 1, einem ebenen Glaskörper, sind nacheinander eine sägezahnartige Furchenprofil 2 mit 1400 L/mm aufweisende Epoxidharzschicht 3, eine etwa 100 nm dicke, dem sägezahnartigen Furchenprofil 2 angepaßte Al-Aufdampfschicht als Reflexionsschicht 4 und erfindungsgemäß zusätzlich eine optisch homogene Schicht 5 angeordnet. Letztere besteht aus im vorgesehenen Anwendungsbereich von 250 nm bis 900 nm gut transparentem Polymethylmethacrylat der Brechzahl  $n_D = 1,49$ , welches in gelöster Form nach einem Schleuderverfahren aufgetragen wurde. Das sägezahnartige Furchenprofil 2 wird von der transparenten Schicht 5 völlig ausgefüllt. Die Schichtdicke der Schicht 5 ist groß gegenüber der Profiltiefe des sägezahnartigen Furchenprofils 2 und beträgt etwa 1  $\mu\text{m}$ , während die Profiltiefe etwa 115 nm mißt. Außerdem schließt die Schicht 5 mit einer ebenen Oberfläche 6 ab, welche somit der Form des Trägers 1 entspricht und keinerlei Modulation mehr aufweist. Auf diese Weise bleiben etwaige Vielfachinterferenzen innerhalb der Schicht 5 ohne störenden Einfluß auf den spektralen Beugungseffizienzverlauf des erfindungsgemäßen geblazten holografischen Reflexionsbeugungsgitters. Somit finden sich die guten spektroskopischen Eigenschaften (Streulichtarmut, Geisterfreiheit, hohe Beugungseffizienz) der zugrundeliegenden, nicht mit einer transparenten Schicht 5 versehenen Gitterkopie, welche unter Verwendung eines nach dem Strehlwellenverfahren erzeugten Originalgitters hergestellt wurde, in dem beschriebenen erfindungsgemäßen Reflexionsbeugungsgitter wieder. Während andererseits bei der zugrundeliegenden Gitterkopie das Beugungsmaximum beim Wert  $\lambda_B = 2h = 230 \text{ nm}$

( $h$  = Profiltiefe) liegt, ergibt sich für das erfindungsgemäße Reflexionsbeugungsgitter entsprechend der Brechzahl des Polymethylmethacrylats eine Blazewellenlänge mit Beugungsmaximum bei etwa 350 nm, da sich hier benachbarte Blazeflanken 7 dann optimal überlagern, wenn die optische Wegdifferenz gleich  $2h \cdot n$  ist ( $n$  = Brechzahl des transparenten Mediums). Strahl 8 repräsentiert das einfallende Licht, Strahl 9 das an Blazeflanke 7 gebeugte Licht.



**THIS PAGE BLANK (uspto)**